本省水稻田土壤之陰離子交換性質之研究[1]

黎　　靜　　韻[2]

一、前　　言

在某種狀況下，土壤具有保持少量可交換態陰離子之能力，如 NO^{-}_{3} SO^{--}_{4} 及 $H_2PO^{-}_{4}$ 等，既係營養分，亦爲陰離子；有時在土壤中爲可交換態，備爲植物之應用。一般言之，陰離子交換順序爲 $H_2PO^{-}_{4}>SO_4^{--}>NO_3^{-}$ ，土壤中之有機質，粘土礦物中之高嶺石與無定形之鐵，均可增加陰離子交換 (1) 就陰離子交換性言，比之陽離子同樣重要，或且過之；但就文獻所知，研究粘土礦物及土壤之陰離子交換性者，遠較陽離子交換者爲少，因此吾人所知頗爲有限。土壤膠體中陰離子除有可交換性外，並有吸收作用。前者如 PO_4^{---} 與 NO_3^{-} 在土壤中之釋放，後者則被固定，此在植物營養中佔重要地位，據前人研究，土壤若干陰離子如 Cl^{-} 與 NO_3^{-} 並非如 PO_4^{---} 與 AsO_4^{---} 隨 pH 值下降而增强，僅被吸收少量，甚或無之。因此土壤中之陰離子隨土壤種類或土壤性質而異，且在低 pH 地區，礦物結晶格子不穩定，結果 Al、Fe、Mg、Mn 溶解，此種離子部分被保持於置換態，陰離子與之結成複合物，因而增加陰離子交換之複合性 (2) 。凡此均係前人研究之成果片段，說明陰離子交換研究之困難，筆者前年研究本省水稻田土壤之陽離子交換性 (11) 後，不計工作之困難，繼續進行本研究，其目的除加强本省主要水稻田土壤離子交換特性研究外，並期對作物營養隱藏加深瞭解，研究所用之樣本，除選前研究陽離子交換性者156個外，並增加新採樣本110個；研究項目不多，玆將其分析結果編述於下。

二、試驗內容及結果

(一) 分析項目及方法

1.陰離子交換性質：

(1) 陰離子交換能量 (A. E. C.) Phosphate Adsorption Method (3)

(2) 交換性 PO_4^{---} (3)

(3) 交換性 Cl^{-}. Potentiometric Method (4)

(4) 交換性 SO_4^{--} 用比濁法定硫酸根 (5)

2.主要理化性質：

(1) 機械成分：浮秤法 (4)

(2) pH：玻璃電極法，水土之比 (1：1) (6)

(3) 有機質：Walkey-Black Method (6)

(4) 全氮量：擴散法 (8)

(5) 游離鐵：Barshad 氏法 (7)

(二) 樣本採集之數目

1.冲積土類……………………………………217 個

(1) 砂岩頁岩質……………………………………111 個

(2) 粘板岩質……………………………………74 個

本研究之完成獲國家科學委員會之研究補助，謹此致謝。

1.試驗報告農試字六二四號。

2.臺灣省農業試驗所技士。

(3)片岩質……………………………………………………………………………… 22個
(4)安山岩質……………………………………………………………………………10個
2.紅棕壤………………………………………………………………………………………28個
3.黃棕壤………………………………………………………………………………………21個
合　計………………………………………………………………………………………266個

(三)分析結果:

分析結果詳見附錄表(一)及(二),因限於篇幅,未及印出。

三、討　　論

(一)本省稻田土壤種類及其陰離子交換性質。

本省稻田土壤大部份屬於冲積土,少部份爲紅棕壤與黃棕壤,前者因其母質來源不同,可分爲四亞類:(1)砂岩頁岩質冲積土,(2)粘板岩質冲積土,(3)片岩質冲積土及(4)安山岩質冲積土。

冲積土中以砂岩頁岩質分佈較廣,安山岩質較少,分佈於大屯山彙之冲積谷地。茲將不同母質來源之冲積土及紅棕壤或黃棕壤各層之陰離子交換能量概況,列如下表:

表一、本省水稻田土壤陰離子交換能量概況(表土 m.e./100 克)

Table 1. The anion exchange capacity of soils of paddy field in Taiwan.

土類 Soil groups	母質 Parent materials (層次 Horizons / A. E. C. Average)	表土 Surface soils 樣本數 Sample number	表土 Surface soils A. E. C 平均值 Average	亞表土 Sub-surface soils 樣本數 Sample number	亞表土 Sub-surface soils A. E. C. 平均值 Average	底土 Sub-soils 樣本數 Sample number	底土 Sub-soils A. E. C. 平均值 Average	小計 Sub total 樣本數 Sample number	小計 Sub total A. E. C. 平均值 Average
冲積土 Alluvial soils	砂岩頁岩 Sandstone & shale	26	22.2	50	23.7	29	24.0	105	23.4
	粘板岩 Slate	27	23.5	30	22.5	23	20.5	80	22.3
	片岩 Schist	6	19.3	11	19.7	5	19.4	22	19.5
	安山岩 Andesite	6	47.8	2	56.1	2	53.3	10	50.5
紅棕壤 Reddish Brown Latosols	洪積層 Dilluvial deposite	8	40.8	14	46.8	9	48.4	31	45.7
黃棕壤 Yellowish brown latosols	洪積層 Dilluvial deposite	4	39.5	8	38.1	6	40.7	18	39.3
總計 Total		77	27.2	115	27.4	74	27.7	266	27.4

全部樣本 A.E.C. 之總平均爲27.4,各土層間之平均相差甚微,而以安山岩質冲積土較高,平均爲50.5m.e./100克。紅棕壤及黃棕壤較次,各爲 45.7m.e./100 克及 39.3m.e./100克

，片岩質冲積土較少，各類或亞類土壤之表土，亞表土或底土間之差異均不大。

（二）本省水稻田土壤一般土壤性質與陰離子交換性之關係。

1.本省水稻田土壤之質地與陰離子交換能量（A.E.C.）之關係，就土壤學之理論言，土壤之質地與陽離子之含量成正比 [11]，而與陰離子含量亦然，就本研究統計分析結果如表二。

表二、本省水稻土壤之質地與陰離子交換能量（m. e. /100克）

Table 2. The soil texture and A. E. C. content of the soils of paddy field in Taiwan.

質地名稱 Name of texture	冲積土 Alluvial soils		紅黃壤 Latosols		合計 Total	
	樣本數 Sample number	A. E. C. 平均值 Average	樣本數 Sample number	A. E. C. 平均值 Average	樣本數 Sample number	A. E. C. 平均值 Average
粘土 Clay	29	37.8	30	43.8	59	40.8
坋質粘土 Silty clay	25	26.1	18	42.8	43	33.1
粘質壤土 Clay loam	42	23.2	1	38.5	43	23.5
坋質粘壤土 Silty clay loam	26	22.8	…	…	26	22.8
砂質粘壤土 Sandy clay loam	9	22.1	…	…	9	22.1
坋質壤土 Silty loan	23	20.9	…	…	23	20.9
壤土 Loam	41	19.7	1	38.1	42	20.1
砂質壤土 Sandy loan	19	17.2	…	…	19	17.2
壤質砂土 Loamy sand	2	13.5	…	…	2	13.5
總計 Total	216	23.9	50	43.2	266	27.5

自上表知，不論冲積土或紅黃壤，其質地愈粘重者，如粘土，其 A. E. C. 含量愈高，反之，質地愈輕者，如壤質砂土，其 A. E. C. 量則愈低。全部土壤樣本266個之統計，或單就冲積土或紅黃壤計算，均屬同一趨向。冲積土之粘土29個，平均值爲 37.8m.e./100 克，壤質砂土則爲13.5m.e./100克，兩者之差將及三倍；中等質地之土壤之 A. E. C. ，含量相差甚微。至於紅黃壤多偏於粘重，其 A. E. C. 含量平均值多在 40m.e./100克間，較冲積土爲高，幾及一倍，簡言之，土壤質地與陰離子間之關係則粘粒與陰離子含量適成正比，即粘重之土壤其陰離子之含量愈大。

2.本省水稻田土壤之有機質與陰離子交換能量之關係

全部樣本統計結果如下表：

表三、本省水稻田土壤之有機質與陰離子交換能量之關係

Table 3. The organic matter and A. E. C. content of the soils of paddy field in Taiwan.

土類 Soil groups	有機質% Organic matter % (層次 Horizons / A. E. C. Average)	表土 Surface soils 樣本數 Sample number	表土 Surface soils A. E. C. 平均值 Average	亞表土 Sub-surface soils 樣本數 Sample number	亞表土 Sub-surface soils A. E. C. 平均值 Average	底土 Sub-soils 樣本數 Sample number	底土 Sub-soils A. E. C. 平均值 Average	小計 Total 樣本數 Sample number	小計 Total A. E. C. 平均值 Average
冲積土 Alluvial soils	< 1	0	0	53	24.9	39	20.9	92	23.3
	1 — 3	51	23.1	37	23.1	15	27.4	103	24.0
	> 3	15	26.0	6	39.2	1	59.2	22	31.2
紅棕壤 Reddish brown latosols	< 1	0	0	6	39.3	1	42.0	7	39.8
	1 — 3	5	48.5	9	34.7	0	0	14	39.6
	> 3	6	48.7	1	55.6	0	0	7	49.7
黃棕壤 Yellowish brown latosols	< 1	1	48.0	3	40.2	1	37.4	5	39.2
	1 — 3	8	39.3	3	43.7	0	0	11	40.5
	> 3	5	40.2	0	0	0	0	5	40.2

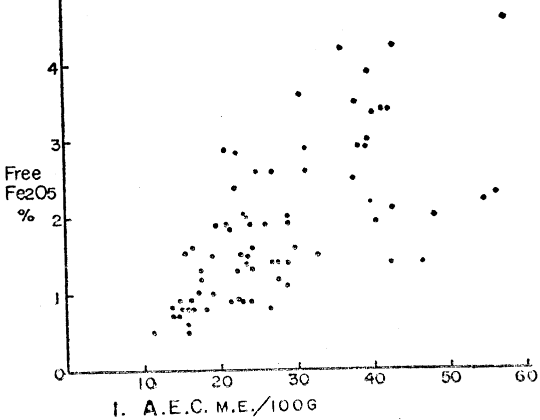
就上表觀之，一般而言，冲積土之陰離子交換能量，有機質含量愈低者，其 A. E. C. 含量較低，反之，含量較高者 A. E. C. 亦高，表底土均顯著，僅亞表土之平均未盡然；紅棕壤與黃棕壤亦略有差異，此或與其所含之有機質量不高所致。

3.本省水稻田土壤之游離鐵與陰離子交換能量之關係

為易於瞭解本省稻田土壤之游離鐵與陰離子交換能量之關係，將各剖面之表土，亞表土及底土分別查出其間之分析結果，繪成圖1圖2及圖3，以便觀察及說明。

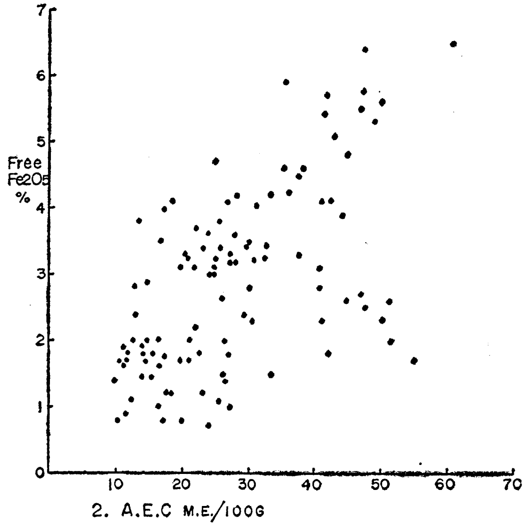
圖一 本省水稻田土壤表土之游離鐵與A.E.C.之關係

Fig. 1. THE FREE IRON AND A. E. C. CONTENT OF THE SURFACE SOILS OF PADDY FIELD IN TAIWAN



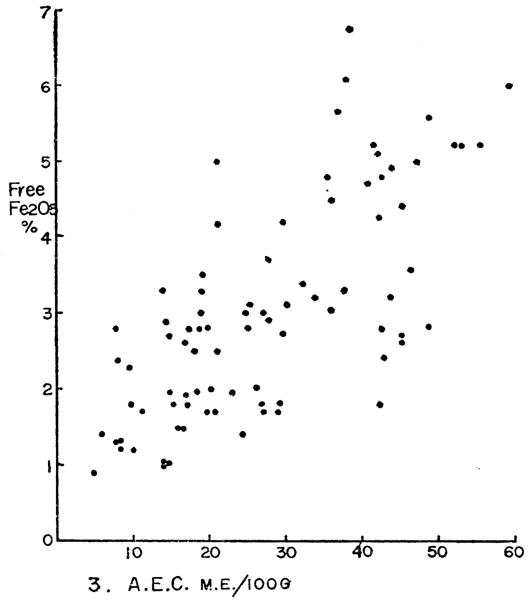
圖二 本省水稻田土壤亞表土之游離鐵與 A.E.C.之關係

Fig. 2. THE FREE IROB AND A.E.C. CONTENT OF THE SUB-SURFACE SOILS OF PADDY FIELD IN TAIWAN



圖三 本省水稻田土壤底土之游離鐵與 A.E.C.之關係

Fig. 3. THE FREE IRON AND A. E. C. CONTENT OF THE SUB-SOILS OF PADDY FIELD IN TAIWAN



圖一，就表土言，其游離鐵與 A. E. C. 關係，前者多集中於1－2％，後者多集中於 15—30/m.e./100克間，有游離鐵愈高 A. E. C. 愈多之趨向，亦有少部份游離鐵 3％左右，而 A. E. C. 仍爲 14-25m.e/100 克者，可視爲例外。

圖二、以亞表土言，游離鐵多集中於 1.5—3.5%，A. E. C. 則集中於10—35m.e./100克間，亦有直線趨向關係。

圖三、底土方面，兩者之關係與表土及亞表土之趨向相同，游離鐵及 A. E. C. 分兩部集中，一部游離鐵集中於 1—2%， A. E. C. 則集中於 10—25 m.e./100 克，另一部游離鐵集中於 3—4%，A. E. C. 則集中於15—30m.e./100克。

（三）本省水畝田土壤之陰離子交換能量與第一、二期作之關係。

表四、本省不同採集期之水稻田土壤之陰離子交換能量

Table 4. The A. E. C. content of soils collected in different period

土類 Soil groups	層次 Horizons / 期作別 Period / A. E. C. Average	第一期作後 After harvest of 1st crop: 表土 Surface soils	亞表土 Sub-surface soils	底土 Sub soils	小計 Total	第二期作後 After harvest 2nd crop: 表土 Surface soils	亞表土 Sub-surface soils	底土 Sub soils	小計 Total
砂岩頁岩 Sand-stone & Shale	樣本數 Sample number	11	18	7	36	16	31	22	69
	A. E. C. 平均値 Average	20.5	20.6	21.0	20.6	23.7	25.5	26.0	25.1

冲積土 Alluvial soils	粘板岩 Slate	樣本數 Sample number	15	12	7	34	12	20	14	46
		A. E. C. 平均值 Average	21.6	21.9	18.1	21.0	25.8	23.9	20.1	23.4
	片岩 Schist	樣本數 Sample number	…	…	…	…	6	11	5	22
		A. E. C. 平均值 Average	…	…	…	…	19.3	19.7	19.1	19.5
	安山岩 Andesite	樣本數 Sample number	1	1	1	3	5	1	1	7
		A. E. C. 平均值 Average	57.5	60.8	59.2	59.2	45.8	51.3	47.4	46.8
紅棕壤 Reddish brown latosols		樣本數 Sample number	4	8	4	16	3	6	3	12
		A. E. C. 平均值 Average	41.3	46.8	49.5	46.1	37.9	45.2	50.0	44.6
黃棕壤 Yellowish brown latosols		樣本數 Sample number	3	6	3	12	2	4	3	9
		A. E. C. 平均值 Average	42.3	41.9	40.0	41.5	39.6	37.8	41.3	39.4

本省每年稻田收穫分爲二期作，其產量以第一期作收穫量較高 [9]，此因氣候環境， 土壤利用，雨量之多寡而影響其生產。本研究從其營養隱藏觀點而統計其兩期作後所採土壤樣本之陰離子交換能量 (A. E. C.) 之平均值，加以研究。

自上表知砂頁岩質冲積土及粘板岩質冲積土，均以第二期作後採集之土樣 A. E. C. 較第一期作者爲高，其餘安山岩質冲積土，紅棕壤與黃棕壤則適相反。

本省中南部稻田第二期作產量每較第一期作爲低 [9]， 而紅棕壤或黃棕壤稻田在北部桃園中壢一帶，其第二期作產量較第一期作爲高，或謂產量低指吸收土壤之養分較少，因而土壤留存之A. E. C. 較多，此可說明上表之效果。

(四) 本省水稻田土壤之陰離子交換能量與其產量之關係

此處所謂高低產量之稻田，因期作而異，第一期作每公頃2,500公斤，第二期作未滿2,000公斤者爲低產量，第一期作超過3,500公斤或第二期作超過3,000公斤者爲高產量 [10]，採樣時查詢當地農民核對，照分析結果其與高低產量之關係如下表：

表五、本省水稻田土壤之 A.E.C.含量與其產量

Table 5. The A. E. C. content and rice yield of paddy soils in Taiwan.

層次 Horizons	高產量 High yield		低產量 Low yield	
	樣本數 Sample number	A. E. C. 平均值 Mean	樣本數 Sample number	A. E. C. 平均值 Mean
表土 Surface soils	45	26.9	33	27.7
亞表土 Sub-surface soils	69	26.1	46	30.3
底土 Sub-soils	40	24.2	33	30.3
小計 Total	154	25.9	112	29.5

照表不論表土，亞表土或底土之平均，均以低產量之稻田之 A. E. C. 較高產量者爲高，尤以底土爲顯著，其理由尙難說明，筆者以爲 A. E. C. 愈高者，土壤吸收作用愈强，作物利用其養分愈難，因而影響產量未想然否？

(五) 本省水稻田土壤之陰離子交換能量 (A. E. C.) 與地區性之關係

茲將本研究之土壤樣本分析結果，分別將各地區之表土統計如下表：

表六、本省水稻田土壤之陰離子交換能量與其地區性之關係

Table. 6. The relationship between the A. E. C. of the paddy soils and their Locality (m. e. /100g)

土類 Soil groups	母質 Parent material	北部 Northern part		中部 Central part		南部 Southern part		東部 Eastern part	
		樣本數 Sample number	A. E. C. 平均值 Average	樣本數 Sample number	A. E. C. 平均值 Average	樣本數 Sample number	A. E. C. 平均值 Average	樣本數 Sample number	A. E. C. 平均值 Average
冲積土 Alluvial	砂岩頁岩 Sandstone and shale	6	23.6	9	24.0	11	19.9	…	…
	粘板岩 Slate	12	23.1	8	25.6	7	21.7	…	…
	片岩 Schist	…	…	…	…	…	…	6	19.3
	安山岩 Andesite	6	47.8	…	…	…	…	…	…
紅黃壤 Latosols		12	40.4	…	…	…	…	…	…
小計 Total		36	33.0	17	24.8	18	20.6	6	19.3

四、摘　要

本研究將本省水稻田依其土類，亞類分別期作後，採集土壤樣本計266個， 進行陰離子交換性質之分析， 包括項目計有 A. E. C. 、置換性磷酸、氯與硫酸及數項主要理化性如機械分析、pH、有機質，全氮量及游離鐵等，試驗結果詳見附錄一與二，茲摘要如下：

1.本省稻田各類土壤之陰離子交換能量(A. E. C.)見表一，以安山岩質冲積土之A. E. C. 最高，紅棕壤次之，黃棕壤又次之，其餘為砂頁岩質冲積土，粘板岩質冲積土，而片岩質冲積土為最低。

2.稻田土壤之質地與 A. E. C. 含量見表二， 其平均趨勢與 A. E. C. 相同， 質地愈粘重，A. E. C. 含量愈高，反之則愈低。

3.稻田土壤有機質與 A. E. C. 含量見表三，冲積土之平均數，其關係為正相關，紅棕壤及黃棕壤則略有差異。

4.稻田土壤之游離鐵與 A. E. C. 見圖一、二及三，三者均有正相關之關係，表土及亞表土範圍較狹，底土較寬。

5.稻田土壤因採集期不同，A.E.C. 含量見表四，砂頁岩質冲積土及粘板岩質冲積土，均以第二期作後之土樣 A. E. C. 含量較高，安山岩質冲積土，紅棕壤及黃棕壤則適相反。

6.稻田土壤 A. E. C. 與產量之統計如表五、不論表土，亞表土及底土之平均値均以低產量者其A. E. C. 較高，反之高產量者則A. E. C. 較低。

7.本省稻田土壤之 A. E. C. 含量與地區性關係見表六，一般言之，北部稻田之 A. E. C. 含量最高，中部次之，南部又次之，東部較低。

STUDY ON THE ANION EXCHANGE PROPERTIES OF THE PADDY SOILS IN TAIWAN

Ching-yuan Lai

SUMMARY

This study is based on the study of 266 soil samples of paddy field in Taiwan which were classified according to great soil groups, sub-groups and time of sampling. The properties of anion exchange including PO_4^{---}, Cl^- and SO_4^{--}, together with other physico-chemical properties such as mechanical analysis, pH value, organic matter and total nitrogen are taken into consideration. The results are shown on tables of the appendixes. They may be summarized as follows:

1. The A. E. C. of the various soil groups of paddy field in Taiwan are shown on table 1. The A. E. C. 's of different soils come in descending order as following: Andersite alluvial soils, reddish brown latosols, yellowish brown latosols, sandstone and shale alluvial soils, slate alluvial soils, and the schist alluvial soils

2. The relation of A. E. C. to the paddy soils is shown on table 2. It reveals the same trend as C. E. C. to the texture, i. e. higher A. E. C. is related to fine texture.

3. The A. E. C and organic matter content of the paddy soils is shown on table 3. There is a proportional relationship between the A. E. C. and the alluvial soils. But it is something difference in latosols.

4. The correlation between the content of free iron and the A. E. C. is shown on figure 1, 2, and 3. It shows a proportional relationship between them.

5. The A. E. C. 's for the different time of sampling are shown on table 4. The A. E. C. of the sandstone alluvial soils and slate alluvial soils measured after the second crop is higher than after the first crop. But the A. E. C. of the andesite alluvial soils and the latosols is in reverse order.

6. The A. E. C. with the yield of rice is statistically analyzed and shown on table 5. It reveals that the higher the A. E. C the higher the yield of paddy soils.

7. The A. E. C. 's for the different localities are shown on table 6. In general, it shown that the soils of the northern part have the highest content of A. E. C. the central part the second, the southern part the third and eastern part the lowest one.

五、參 考 文 獻

1. R. L. Donahue, J. C. Shickluna and L. S. Robertson. 1971 Soils an introduction to soils and plant growth
2. E. F. Bear, 1964 Chemistry of soil
3. C. S. Piper, 1950 Soil and plant analysis
4. C. A. Black, 1965 Methods of soil analysis part 1-2
5. R. L. Hibland 1928 A brief method for chemical examination of irrigation water and alkali soils Soil Sci. 25:351
6. M. L. Jackson, 1958 Chemical analysis
7. I. Barshad, 1960 Soil mineralogy mineography. Uni. of California Berkey. Press.
8. 李蘭帝 1964 擴散法在氮定量上之應用 土壤肥料通訊156期
9. 李水龍、湯文通 1963 臺灣水稻第二期作單位面積產量不如第一期作原因及其改良方法 科學農業第11卷第12期
10. 臺灣省水稻低產量地區抑制產量因素調查 1964 臺灣省政府農林廳編印。
11. 黎靜韻 1972 本省水稻田土壤之陽離子交換性質研究 農業研究第21卷第2期